



**GENERALITAT
VALENCIANA**

ivACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

 **UNIÓN EUROPEA**
Fondo Europeo de
Desarrollo Regional
Una manera de hacer Europa



INESCOP
REDIT INNOVATION NETWORK

EXPEDIENTE	IMDEEA/2019/26
ACRÓNIMO	COMTIOT
PROGRAMA	Proyectos de I+D de carácter no económico en el ámbito de la industria 4.0 en cooperación con empresas
TÍTULO DEL PROYECTO	Internet de las cosas aplicada a sistemas RFID para la monitorización de las hormas de fabricación en el proceso de la fabricación de calzado

Entregable E4.1

VALIDACIÓN DE RESULTADOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. OPERACIONES REALIZADAS PARA VALIDACIÓN DEL SISTEMA	4
2.1 VALIDACIÓN DEL HARDWARE	4
2.1.1 <i>Viabilidad del hardware comercial</i>	<i>4</i>
2.1.2 <i>Pruebas con hardware propio.....</i>	<i>6</i>
2.2 VALIDACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES Y VISUALIZACIÓN DE DATOS	7
2.2.1 <i>Validación de comunicaciones locales</i>	<i>7</i>
2.2.2 <i>Validación de comunicaciones remotas. Visualización de datos.</i>	<i>10</i>
3. CONCLUSIONES.....	12

1. Introducción

El presente documento relata las labores realizadas enmarcadas dentro del paquete de trabajo 4 según la memoria de proyecto, que atañe a las pruebas realizadas para la validación de resultados obtenidos durante el desarrollo del sistema. Las tareas llevadas cabo en este paquete complementan a las realizadas en el paquete 3 en la medida en que las pruebas realizadas descartan ciertos elementos que en un principio han sido usados en el desarrollo del proyecto, ya sea por sus propiedades físicas, mecánicas, eléctricas o como en el caso de arquitecturas de comunicaciones, inmunidad frente a interferencias.

Por otra parte, durante esta fase del proyecto se ha contado con la participación de UNISA S.A. como empresa encargada de la realización de un informe de validación. Este informe se entrega adjunto al resto de la documentación.

Gracias a la aportación de este informe ha sido posible optimizar el sistema, mejorando aspectos que podrían ser foco de problemas en un entorno de fabricación real.

2. Operaciones realizadas para validación del sistema

Con el objeto de validar todos los aspectos del sistema y debido a las distintas características y funciones de los elementos que lo componen, las operaciones de validación se han dividido en 2 apartados: hardware y comunicaciones/visualización de datos.

2.1 Validación del hardware.

En el desarrollo del sistema se han combinado sistemas electrónicos comerciales y sistemas electrónicos de desarrollo propio. Para la descripción de los trabajos de validación se ha tenido en cuenta la procedencia del hardware, para ello las tareas de validación se han dividido en 2 grupos atendiendo al origen del hardware.

Por otra parte, cabe destacar que el ánimo del proyecto es dotar de impulso a la inserción de IoT al sector calzado donde abundan la PYMES cuyo inversión económica en materia de I+D+i no es cuantiosa. Por este motivo, se ha hecho un esfuerzo en el empleo de materiales económicamente asequibles y fácilmente disponibles en el mercado. La contrapartida de lo anterior y donde se ha realizado el esfuerzo ha sido la creación de una familia de tarjetas electrónicas que suplen las carencias de los elementos comerciales.

2.1.1 Viabilidad del hardware comercial

Debido a que este apartado trata elementos comerciales, las pruebas realizadas de validación se han centrado no tanto en requerimientos eléctricos o comportamiento si no en la idoneidad de los datos obtenidos o en la robustez física, por ejemplo.

Los elementos hardware pertenecientes a este apartado son:

a. Lectores y marcadores RFID

Los lectores RFID no han sido sometidos a ningún tipo de prueba, sin embargo los marcadores RFID han pasado por una serie de filtros que han servido para la implementación del sistema final. De este modo y por este orden han sido los parámetros evaluados:

1. *Potencia de emisión.* La potencia de emisión del marcador depende del modelo de marcador. La distancia de detección debe estar dentro del siguiente rango: 0 -300mm. Para esta distancia se han utilizado marcadores de disco y de encapsulación en vidrio cuya frecuencia de emisión es 125kHz, esta frecuencia es un valor a tener en cuenta en la distancia de alcance. Con esta frecuencia la captación de la señal por parte del lector es correcta a una distancia media de 150mm.

2. *Tamaño del marcador.* Es imperativo que la horma de fabricación mantenga su geometría. Se han usado 2 clases de marcadores: de disco y de encapsulado vidrio. En el caso del marcador de disco, se trata de un elemento con unas dimensiones similares a una moneda pero, debido a la mecanización que supone la horma para la ubicación de este dispositivo, se descarta su uso por el incremento económico y de tiempo que supone la fabricación de una horma. Por otra parte, el uso de un marcador encapsulado presenta unas dimensiones adecuadas para que pueda implementarse como inserto dentro de una horma, horma que incluso ya fabricada a la que se puede practicar un agujero de emplazamiento.
3. Precio del marcador. Frecuencias cercanas al UHF permitirán distancias superiores (hasta 10 metros) pero a pesar de que las prestaciones sobrepasan las expectativas, su precio descarta el uso para esta aplicación. El precio unitario no es elevado pero hay que tener en cuenta que se pueden usar cientos de estos marcadores en la implantación final. Los marcadores finalmente usados tienen un precio que no supera 1 €.



Figura 1. Marcadores RFID de diferentes potencias y geometrías

b. Variador de frecuencia

Se ha empleado un variador de frecuencia comercial usado para el control y movimiento de motores en múltiples aplicaciones industriales. No se ha realizado ningún test, ya que se les presupone la robustez y seguridad eléctrica industrial requerida para un equipo de esta naturaleza y su propósito. Una de

las salidas de este elemento es adquirida por una electrónica propia desarrollada para calcular la velocidad de la cinta.

c. Sensor de humedad y temperatura

Debido a que los rangos de temperatura dentro de la cadena de producción son variables debido a la variedad de tareas a realizar, no hemos podido realizar unas pruebas de validación completas que abarcaran todos los posibles escenarios. Siempre con el ánimo de reducir costes de cara la futura implementación en un entorno real se ha decidido realizar en sistema con un sensor que abarca temperaturas entre 0º-50ºC. En el caso de la monitorización de parámetros ambientales en procesos de fabricación en donde intervienen hornos, el uso de unos sensores adecuados no revestiría ningún problema, ya que estarán conectados al hardware electrónico propio desarrollado dentro del marco de tareas descritas en este proyecto.

Las pruebas realizadas con el sensor han consistido en someter a cambios de temperatura cíclicos la electrónica, tanto el propio sensor como la electrónica asociada para la adecuación y transmisión de datos. Estos cambios de temperatura cíclicos han sido realizados con la ayuda de un horno industrial con una programación oscilante entre 20º-50ºC. Tras varios ciclos de trabajo la respuesta de la electrónica es adecuada aunque sin poder asegurar que se haya perdido exactitud en la medida pero debido a la laxitud de la precisión para el objetivo final, se concluye la validez de este sensor.

d. Sensor de consumo energético

Para determinar el consumo energético se ha propuesto un sensor de corriente eléctrica que mide la intensidad que circula por el circuito que hace que la cinta de transporte se mueva. Este sensor de corriente es comercial y de bajo coste cuyas prestaciones son suficientes para realizar el cálculo de potencia consumida. Las pruebas de validación han consistido en la realización de ciclos de funcionamiento de la cinta a diferentes velocidades y la monitorización del consumo energético. El cruce de estos datos ha validado el buen funcionamiento de este sensor. Para una mayor precisión teniendo en cuenta las potencias activas y reactivas del sistema, se requiere de un sensor avanzado que, como al igual que lo comentado en el apartado c, se conectaría a la electrónica desarrollada.

2.1.2 Pruebas con hardware propio

Según lo comentado en el apartado 2.1, el hardware comercial y los sensores se han conectado a unos dispositivos electrónicos de fabricación propia. Este hardware incluye un microcontrolador y componentes encargados de la gestión de datos para complementar las prestaciones que ofrecen los sensores y poder ofrecer la información de manera adecuada.

Gracias a la experiencia que el departamento de electrónica de INESCOP tiene como desarrollador de hardware electrónico, el diseño de hardware se ha llevado a cabo de tal forma en la que se han minimizado los problemas derivados de interferencias electromagnéticas. Aunque la experiencia ayuda a la mejora del diseño en ese sentido, siempre existe la posibilidad de la aparición de comportamientos no deseados debido por ejemplo, a la ubicación cercana de componentes electrónicos no compatibles eléctricamente. La validación a este respecto ha consistido en la puesta en marcha de una de estas unidades y se ha comprobado que realiza la función adecuadamente, posteriormente se ha introducido dentro del cuadro eléctrico de control de una cinta de transporte para comprobar que el funcionamiento de los elementos de potencia que allí se ubican, no afectan al funcionamiento de la electrónica desarrollada.

Tras las comprobaciones del comportamiento eléctrico, el microcontrolador ha sido reprogramado varias veces para adecuarse a una situación real de fabricación con el sistema propuesto. En este sentido cabe destacar el esfuerzo necesario para la retención en memoria de los datos llegados a través del lector RFID: en condiciones normales el dato ofrecido por el lector RFID es enviado sin tener en cuenta si es almacenado con lo cual, si el sistema no atiende en ese momento a ese lector RFID, el dato se pierde. Con el trabajo, las pruebas y la reprogramación del firmware del microcontrolador, se consigue que el dato quede “retenido” hasta que le es solicitada la información. Ante el éxito de esta prueba, se ha extrapolado la programación del microcontrolador al resto de electrónica asegurando siempre la permanencia del dato en memoria para su posterior lectura, independientemente de cuando esta se realice.

2.2 Validación de la arquitectura de comunicaciones y visualización de datos.

Para la transmisión de los datos se han combinado diferentes 2 tipos de comunicaciones basándonos en el ámbito de transmisión: locales y remotas. Las comunicaciones locales además, combinan una arquitectura cableada con otra inalámbrica. Las comunicaciones remotas son las pertenecientes a envío de datos a través de la red, vía Web, a servidores, bases de datos...donde los datos son tratados para una correcta visualización.

2.2.1 Validación de comunicaciones locales

Comunicación cableada

La arquitectura de comunicación cableada desarrollada ha sido basada en una interfaz de comunicaciones RS-485. Este sistema de comunicaciones se basa en un bus diferencial y permite transmitir a través de entornos propensos a creación de interferencias ya que el par de cables trenzado que lo compone reduce la inducción de aquellas. En condiciones ideales y con el bus de comunicación bien balanceado se pueden cubrir distancias de hasta 1200m.

Para la validación de funcionamiento, se han conectado mediante este bus de comunicaciones los módulos electrónicos que componen el sistema y además, se han integrado dentro del armario eléctrico que controla una cinta de transporte. Dotando al armario eléctrico de corriente y con todo en marcha, desde un programa externo se realiza una petición de datos a las diferentes unidades. Esta petición de datos ha estado trabajando correctamente 24/7 durante 12 días hasta la aparición de un corte en el suministro eléctrico que acabó de manera repentina y sin control el test. Tras la puesta en marcha de nuevo, el sistema continuó trabajando de manera correcta. Ante este escenario se puede validar positivamente el uso de esta electrónica y el sistema de comunicaciones.

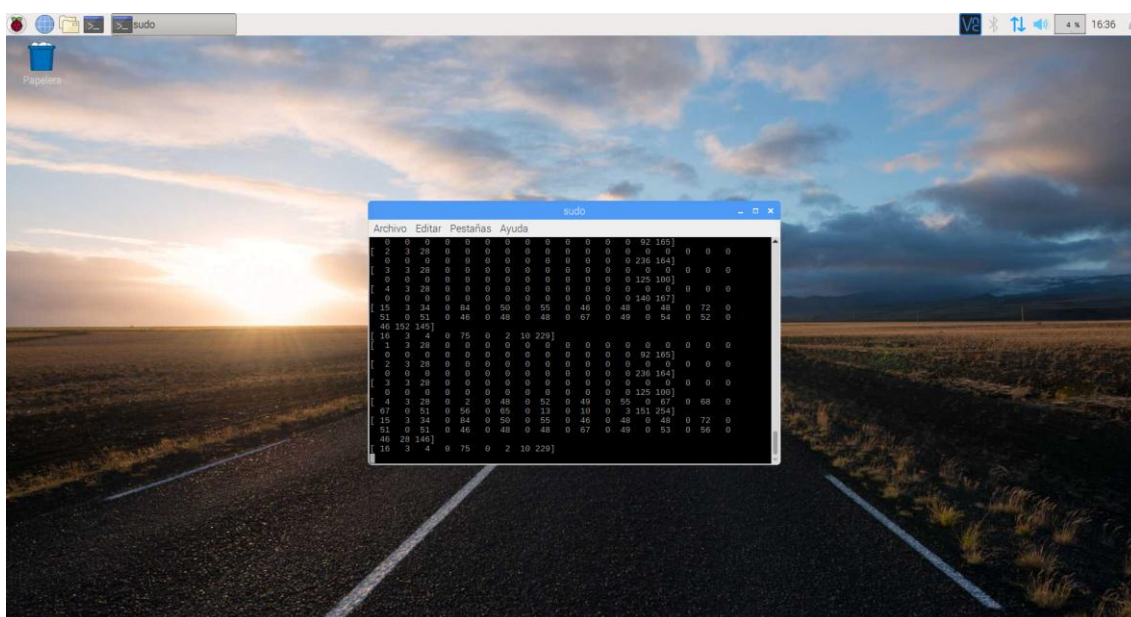


Figura 2. Interfaz de recepción continua de datos

Por otro lado, al principio del trabajo en esta parcela se usó un protocolo de comunicaciones propio pero posteriormente, tras la sugerencia de las empresas colaboradoras en el proyecto, los microcontroladores se han programado para una comunicación basada en el protocolo MODBUS 485 lo cual, de alguna manera, abre el uso de estos nuevos dispositivos en redes en las que conviven dispositivos comerciales y usados en entornos industriales como PLCs, variadores o servomotores.

Combinación inalámbrica

En el caso de la horma instrumentalizada se pensó en el uso de comunicación WiFi para la transmisión de los datos. El uso de este protocolo es consecuencia de la amplia gama de dispositivos existentes en el mercado pero, se ha decidido a implementar una comunicación inalámbrica bajo el protocolo LoRa, principalmente por dos factores.

Estos factores son:

- Alta tolerancia a interferencias
- Largo alcance

En el caso de la comunicación WiFi se hace necesaria la implantación de amplificadores/repetidores de señal, realidad comprobada en nuestras mismas instalaciones cuando se usan las comunicaciones internas. Debido a que la tasa de datos en las comunicaciones en este proyecto es muy baja, hace que LoRa sea la solución perfecta para la transmisión inalámbrica de la información. En condiciones en las que esa tasa de datos sea mayor (audio, video...) hace que el empleo de WiFi o similar sea imperativo, teniendo que solventar los problemas indicados anteriormente.

Para la comunicación inalámbrica de datos bajo protocolo LoRa, se montó un elemento emisor de datos, en este caso temperatura ambiente y un elemento receptor conectado a un equipo informático para poder visualizar los datos recibidos.

Tanto emisor como receptor durante el test de alcance, permanecieron dentro de nuestras instalaciones, donde la distancia más alejada entre ellos alcanza los 150m con obstáculos de por medio.

Con el ánimo de comprobar las limitaciones de alcance, al dispositivo emisor se le dotó de alimentación autónoma para poder realizar pruebas en exterior. La distancia máxima probada fue de más de 200m en un polígono industrial con multitud de señales electromagnéticas y de radiofrecuencia. No se hizo necesario comprobar un alcance mayor, pero teóricamente y con una adaptación adecuada de las antenas es posible alcanzar distancias de más de 5Km.

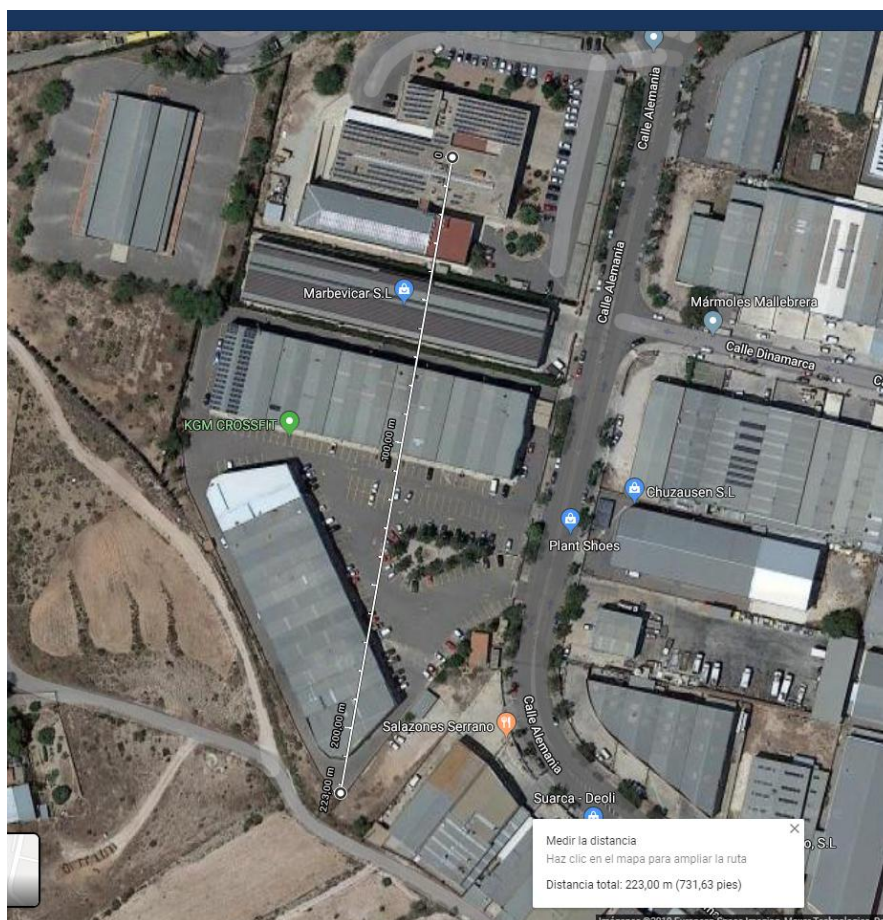


Figura 3. Distancia entre emisor/receptor comunicación LoRa

2.2.2 Validación de comunicaciones remotas. Visualización de datos.

Una vez adquiridos los datos por la unidad local, ésta dispone de un sistema informático basado en una Raspberry en la cual permanece activo un programa de empaquetamiento de datos en diferentes formatos.

Originalmente el programa de empaquetamiento de datos formateaba los datos en encapsulado OPC-UA. Este tipo de formato favorece las comunicaciones y el intercambio de datos incluso entre dispositivos de diferentes fabricantes debido a que es un estándar industrial. Estos elementos, incluido el desarrollado en este trabajo, son servidores de datos que son ofrecidos cuando una aplicación cliente los solicita. El medio físico en el que se realiza este intercambio de datos es Ethernet (a través de Internet) por lo que las pruebas de validez de estas comunicaciones son innecesarias al tratarse de un sistema de comunicación estándar y usado globalmente.

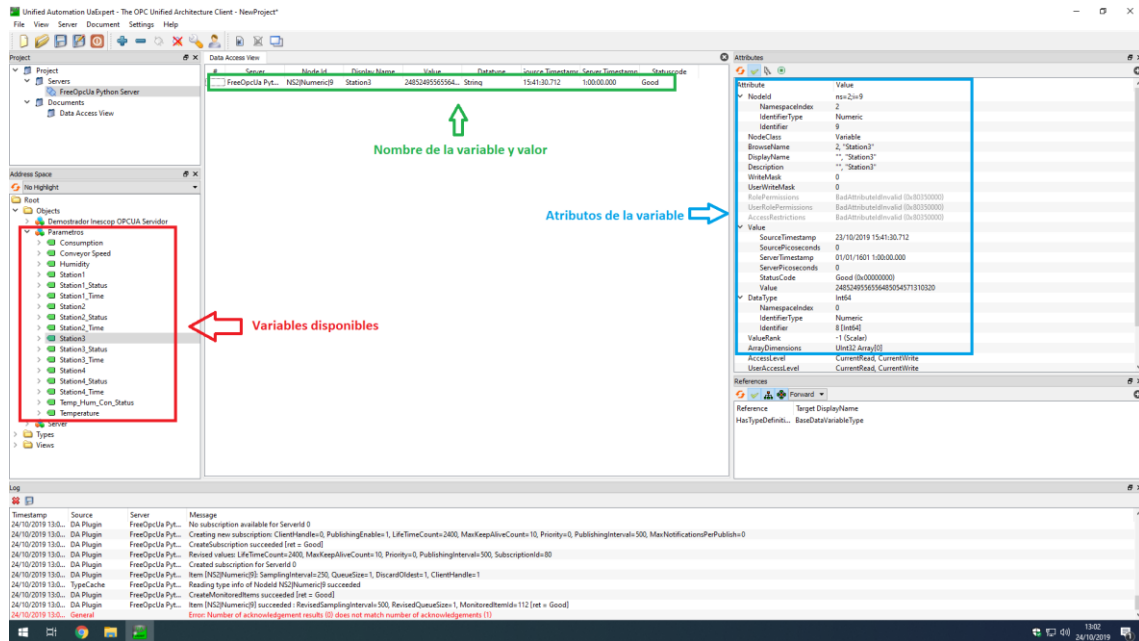


Figura 4. Software de visualización de datos. Este software actúa de aplicación cliente.

Durante el proceso de trabajo en este proyecto y tras consultas con nuestros colaboradores, se ha implementado otros tipos de empaquetamientos debido a que no todas las empresas trabajan con aplicaciones receptoras de datos OPC-UA. Existen empresas que trabajan con aplicaciones que se nutren de bases de datos, por este motivo, nuestro servidor de datos se ha configurado para que pueda ofrecer los datos en MySQL. También se ha implementado la programación necesaria en nuestro servidor para que actúe de Web Server, esto es, acceder a través de una IP a nuestro sistema informático y poder visualizar/tratar los datos.

Como cada empresa tiene un sistema diferente de visualización de datos, dependiendo de la aplicación cliente usada, la posibilidad de usar uno de los tres tipos ofrecidos de datos para su servicio, cubren las necesidades de la mayoría de sistemas de control/visualización que las empresas disponen de modo que pueda integrarse dentro del ERP (Enterprise Resource Planning).

3. Conclusiones

La información de los apartados anteriores se presenta resumida en una tabla que evalúa la validez del elemento usado.

HARDWARE / SISTEMA DE COMUNICACIÓN	VALIDEZ
Lectores RFID	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comercial - Eléctricamente y mecánicamente robusto - Hermético impidiendo la suciedad interna o la penetración de sustancias
Marcadores RFID ¹	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comercial - Adecuado en potencia de emisión y dimensiones - Sin batería
Sensor de parámetros ambientales ²	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comercial - Sin desviaciones importantes a lo largo de su vida útil - Testeado durante más de 120 horas seguidas en ciclos térmicos
Sensor de velocidad	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Usado variador comercial
Sensor de consumo energético	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comercial - Testeado durante más de 200 horas seguidas en ciclos de potencia
Electrónica desarrollada acondicionadora datos de los sensores	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo propio - Testeado durante más de 300 horas en armario eléctrico - Robusto en su interfaz de comunicaciones 485
Sistema informático servidor de datos	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comercial y Desarrollo propio - Testeado durante más de 200 horas en armario eléctrico - Robusto en sus varias interfaces de comunicaciones
Comunicación MODBUS485	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Estándar industrial

¹ Existen marcadores de más potencia de alcance pero su precio encarece el producto. Dependen también de la geometría

² Testeado en hornos de 50°C.

Comunicación WiFi ³	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Necesario el uso de amplificadores - Interferencias
Comunicación LoRa	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Comunicación ideal para aplicaciones IoT por su tasa de transferencia de datos - Largo alcance - Tolerante a interferencia
Comunicación Ethernet	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Estándar mundial
OPC-UA. Web server. MySQL	<input checked="" type="checkbox"/> <ul style="list-style-type: none"> - Estándares mundiales - Adaptables al sistema implementado en la fábrica

³ Si la tasa de datos requerida, por el motivo que sea, hace imperativo este tipo de comunicación, se deberá hacer uso de dispositivos de amplificación y de reducción de interferencias